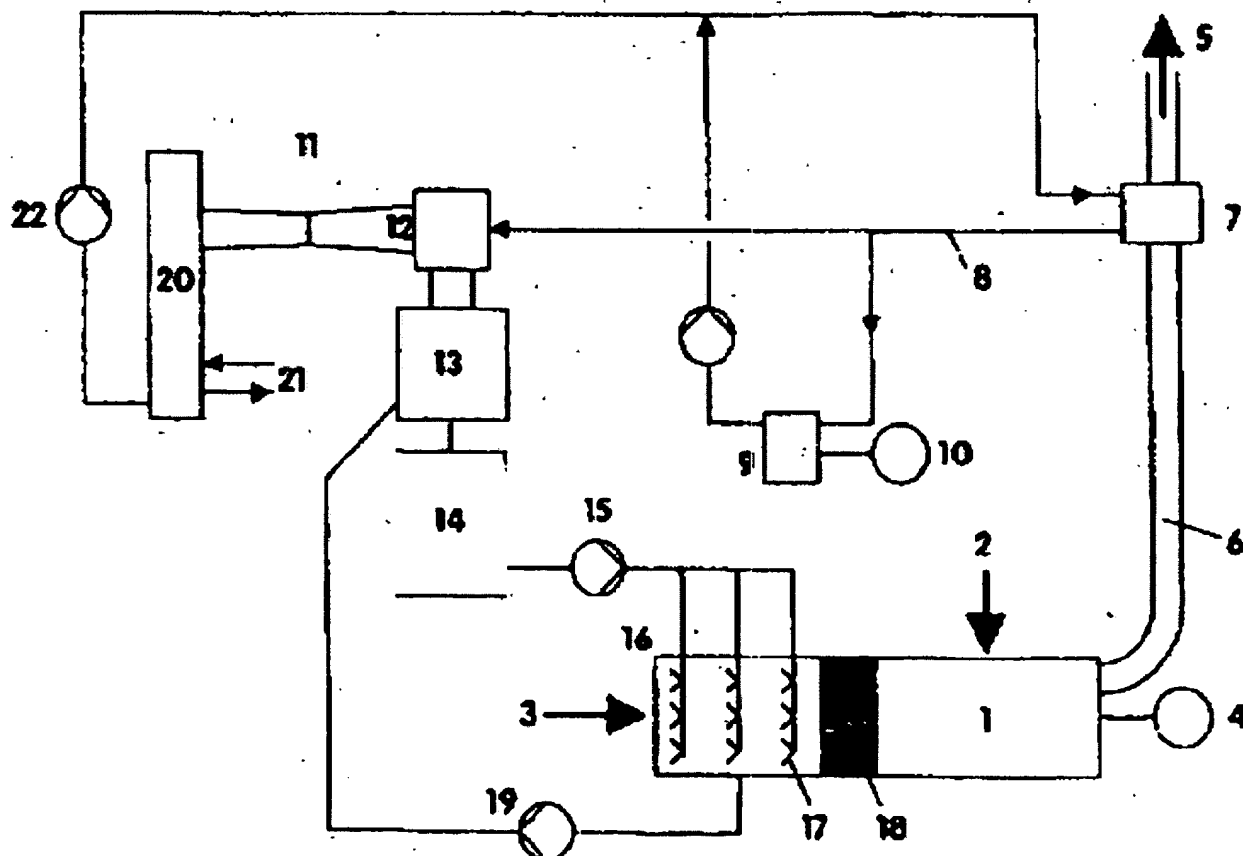


AN: PAT 2000-137955  
TI: Operating method for gas turbine by producing pumpable ice slurry and spraying into combustion air  
PN: **DE19831425-A1**  
PD: 27.01.2000  
AB: NOVELTY - The method involves supplying the exhaust gases from the gas turbine (1) through a steam boiler (7) producing steam. A refrigerating unit (11) is driven with the steam produced in the steam boiler. A pumpable ice slurry is produced in the refrigerating unit and sprayed into the combustion air fed to the gas turbine. The ice slurry is preferably produced at light loading, stored in a container (14) and deposited in the combustion air during peak loading.; USE - For a gas or oil-burning gas turbine. ADVANTAGE - Does not need large cooling water reservoir. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows the system. Gas turbine 1 Boiler 7 Refrigerating unit 11 Container 14  
PA: (INTE-) INTEGRAL ENERGIE-TECHNIK GMBH;  
IN: PAUL J;  
FA: **DE19831425-A1** 27.01.2000;  
CO: DE;  
IC: F02C-003/30; F02C-006/18; F02C-007/143; F25B-027/02;  
DC: Q52; Q75;  
FN: 2000137955.gif  
PR: DE1031425 14.07.1998;  
FP: 27.01.2000  
UP: 27.03.2000



BEST AVAILABLE COPY



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 31 425 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 C 3/30**  
F 02 C 7/143  
F 02 C 6/18  
F 25 B 27/02

②1 Aktenzeichen: 198 31 425.6  
②2 Anmeldetag: 14. 7. 1998  
④3 Offenlegungstag: 27. 1. 2000

DE 198 31 425 A 1

⑦1 Anmelder:

Integral Energietechnik GmbH, 24941 Flensburg,  
DE

⑦4 Vertreter:

BOEHMERT & BOEHMERT, 24105 Kiel

⑦2 Erfinder:

Paul, Joachim, 24937 Flensburg, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:

DE	196 07 125 A1
GB	12 46 164
JP	63-2 15 841 A
JP	07-1 58 467 A
JP	60-17 232 A
JP	08-49 561 A

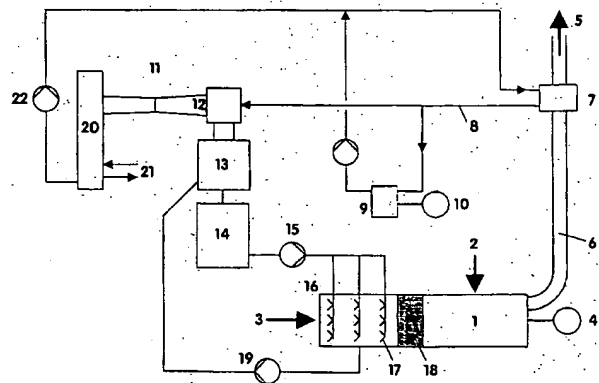
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum Betreiben einer Gasturbine

⑤7 Verfahren zum Betreiben einer mit Brennstoff und Verbrennungsluft beschickten Gasturbine mit den folgenden Schritten:

- Führen der Abgase der Gasturbine (1) unter Erzeugung von Dampf (8) durch einen Dampfkessel (7),
- Betreiben einer Kälteanlage (11) mit dem in dem Dampfkessel (7) erzeugten Dampf (8),
- Erzeugen eines pumpfähigen Eisbreis in der Kälteanlage (11) und
- Einsprühen des pumpfähigen Eisbreis in die der Gasturbine (1) zugeführte Verbrennungsluft (3).



BEST AVAILABLE COPY

DE 198 31 425 A 1

## Beschreibung

Gasturbinen verbrennen einen Brennstoff (in der Regel Gas oder Öl, im nachfolgenden wird – unabhängig vom Brennstoff – der Begriff "Gasturbine" verwendet) durch Zufuhr von Verbrennungsluft. Die Wellenleistung der Gasturbine ist unter anderem davon abhängig, welche Temperatur die Verbrennungsluft aufweist. Bei ansonsten gleichen Bedingungen kann eine Gasturbine mehr Wellenleistung abgeben, wenn die Luft kälter als bei Nennbedingungen ist; ist die Luft wärmer, so sinkt die Wellenleistung.

Es kann daher vorteilhaft sein, die Verbrennungsluft von Gasturbinen vorzukühlen. Üblicherweise wird dazu eine mechanische Kältemaschine verwendet. Eine solche mechanische Kälteanlage benötigt elektrischen Strom, der bei der Stromabgabe der Gasturbine fehlt, insbesondere zu Spitzenlastzeiten, wenn die Gasturbine maximale Leistung abgeben soll.

Absorptionskälteanlagen können ohne nennenswerten Elektroenergiebedarf mit der Abwärme der Gasturbine betrieben werden, dafür kann man mit Absorptionsanlagen auf der Basis Lithiumbromid/Wasser (Wasser ist das Kältemittel) kein speicherbares Eis erzeugen. Ebenso ist die Temperatur des kalten Wassers oftmals nicht tief genug (min. 4 bis 7°C, fabrikatabhängig). Die Kälteanlage muß entweder für den Betriebsfall bei maximaler Stromerzeugung ausgelegt werden und wird somit groß, oder es muß kaltes Wasser gespeichert werden, wozu große Speicher notwendig sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zum Betreiben einer Gasturbine zu schaffen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Die Unteransprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung an.

Anders als bei der Verwendung einer mechanischen Kälteanlage tritt bei der hier vorgeschlagenen Verwendung einer Kälteanlage mit Strahlapparat kein nennenswerter Bedarf an elektrischem Strom auf (im wesentlichen nur für die Pumpen). Damit entfällt das Problem der gleichzeitigen Abdeckung elektrischer Spitzenlast und zusätzlicher Versorgung einer mechanischen Kälteanlage mit elektrischem Strom und es wird – im Vergleich zum Betrieb der mechanischen Kälteanlage mit gespeichertem Kühlmedium kaum wertvoller elektrischer Strom benötigt.

Im Unterschied zur Absorberkälteanlage kann bei der vorgeschlagenen Verwendung einer Kälteanlage mit Strahlapparat speicherbares Binäreis erzeugt werden, was mit Lithiumbromid/Wasser-Absorbern nicht möglich ist. Damit ist es möglich, den Betrieb der dampfbetriebenen Kälteanlage mit Strahlapparat zur Binäreiserzeugung zu solchen Tageszeiten ablaufen zu lassen, wenn keine Spitzenleistung gefahren werden muß, womit aller Dampf für die Dampfturbine zur zusätzlichen Stromerzeugung verfügbar ist. Die Verbrennungsluft wird in dieser Zeit mit gespeichertem Binäreis gekühlt. Die Absorberkälteanlage wird hingegen bevorzugt (fast zwangsläufig) während des elektrischen Spitzenbetriebes gefahren, wodurch Dampf für die zusätzliche Stromerzeugung entzogen wird.

Im Unterschied zu Wasserkühlern mit einer mechanischen Kälteanlage oder einem Absorber benötigt die vorgeschlagene Kälteanlage mit Strahlapparat keine Wärmeübertragungsflächen im Behälter (Verdampfer). Daher darf das Kühlmedium verschmutzt sein, ohne die Funktion oder die Leistungszahl der Kälteanlage mit Dampftrieb zu verschlechtern. Damit entfällt eine aufwendige Wartung und Reinigung von Wärmeaustauschern.

Versprüht man Binäreis zur Verbrennungsluftkühlung, so wird die Verbrennungsluft durch das versprühte Kühlmedium ganz oder teilweise von Staub, Aerosolen, Sand und

anderen abscheidbaren Schadstoffen aus der Luft gereinigt. Dies hat einen positiven Einfluß auf den Betrieb der Gasturbine. Es ist also aus betrieblichen, energetischen und anwendungsbezogenen Gründen zweckmäßig, die Kälteanlage zur Verbrennungsluftkühlung so zu wählen, daß die Vorteile der dampfbetriebenen Kälteanlage mit einem Strahlapparat zur Erzeugung von Binäreis zur Geltung kommen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand einer Figur bei spielhaft erläutert.

Eine Gasturbine 1 wird mit einem Brennstoff 2 unter Zuführung von Verbrennungsluft 3 betrieben und stellt mechanische Energie (bei Stromerzeugung: elektrische Energie) 4 zur Verfügung. Das Abgas 5 wird über einen Abgaskanal 6 abgeführt. Dabei beheizt das heiße Abgas einen Kessel 7, der Dampf 8 erzeugt.

Der Dampf 8 kann dazu verwendet werden, um mit einer Dampfturbine 9 zusätzliche mechanische Leistung bzw. elektrischen Strom 10 zu erzeugen. Der abgearbeitete Dampf oder das Kondensat aus der Dampfturbine kann an den als Wärmeaustauscher ausgebildeten Kessel 7 zurückgegeben werden.

Der Dampf 8 wird alternativ oder gleichzeitig zum Betrieb einer Kälteanlage 11 (bestehend aus 12, 13 und 20) verwendet. Diese Kälteanlage 11 ist eine Dampfstrahlkälteanlage zur Binäreiserzeugung mit einem Strahlapparat 12, der mit Dampf 8 betrieben wird.

In einem Behälter 13 wird durch Vakuumhaltung und durch den vom Strahlapparat 12 erzeugten Unterdruck ein Druck eingestellt, bei dem Wasser verdampfen kann (Bildung von sog. "Flashdampf"). Das Wasser wird dabei ggf. abgekühlt. Beim Tripelpunkt des Wassers entstehen durch die Wasserverdampfung kleine Eiskristalle, die im Behälter 13 im Wasser suspendieren und einen flüssigen, pumpfähigen Eisbrei ergeben (nachfolgend als "Binäreis" bezeichnet). Das abgekühlte Wasser bzw. das Binäreis wird als Kühlmedium für die Verbrennungsluftkühlung verwendet.

Das mit der Kälteanlage 11 erzeugte Binäreis wird in einem Behälter 14 gespeichert, wodurch die Spitzenlastdeckung erleichtert oder überhaupt erst erreicht wird. Ebenso kann der Behälter 14 zur hydraulischen Entkoppelung dienen ("Pufferbehälter"). Das Kühlmedium wird aus dem Behälter 13 (ohne Speicherung) oder aus dem Behälter 14 (Speicher-/Pufferbehälter) über eine Pumpe 15 zur Versprühung in einer Kammer 16 transportiert.

Diese Kammer 16 ersetzt den üblichen Oberflächenkühler (z. B. Luftkühler mit Lamellen- oder Glattrohren). Dabei wird in der Sprühkammer 16 das Kühlmedium "Binäreis" in die Verbrennungsluft einsprüht und dadurch die gewünschte Kühlung der Luft erzielt. Die Versprühung erfolgt durch Düsen 17, welche ggf. der Länge der Sprühkammer nach hintereinander geschaltet sind, um durch mehrstufige Fahrweise eine hohe Luftabkühlung sicherzustellen.

Da bei der Versprühung von Binäreis der Taupunkt der Verbrennungsluft unterschritten wird, kondensiert Wasserdampf aus der Verbrennungsluft aus, vorzugsweise an der Oberfläche der Kühlmediumtröpfchen, ggf. auch an Stellen, die durch versprühtes Kühlmedium gekühlt werden. Das Kühlmedium wird bei Taupunktunterschreitung mit kondensiertem Wasserdampf angereichert.

Wegen der Taupunktunterschreitung sind Tröpfchen des Kühlmediums und auskondensierten Wasserdampfes in der gekühlten Verbrennungsluft vorhanden, welche zweckmäßigerweise durch einen Tropfenabscheider 18 eliminiert werden, sofern nicht bereits andere Maßnahmen getroffen wurden oder der Tropfeneintrag an der Gasturbine toleriert werden kann.

Bei Taupunktunterschreitung ist es demnach unerheblich, ob man eine Tropfenabscheidung nur wegen des konden-

sierten Wasserdampfes oder wegen der gleichzeitigen Anwesenheit von Tröpfchen des Kühlmediums vornimmt. Daher ist die Versprühung von Binäreis nicht nachteiliger als die Luftkühlung über einen Oberflächenkühler.

Die in der Sprühkammer der Verbrennungsluft entzogene Wärme teilt sich dem Kühlmedium dergestalt mit, daß die Eiskristalle des Binäreises ganz oder teilweise aufgeschmolzen werden. Sofern die Eiskristalle des Binäreises vollständig aufschmelzen können ist es möglich, das Kühlmedium zusätzlich zu erwärmen. Läßt man diese Anhebung des Rücklaufes des Kühlmediums bei Binäreisbetrieb zu, so ist die Enthalpiedifferenz des Kühlmediums höher und Kühlmedium-Massenstrom, Rohrleitungsquerschnitte sowie Pumpenleistung verringern sich entsprechend.

Das Kühlmedium wird nach Beaufschlagung der Verbrennungsluft mittels der Pumpe 19 zum Behälter 13 zurückgeführt (ggf. in eine Vorlage für den Behälter 13). Es ist auch möglich, das zurückfließende Kühlmedium in mehreren Stufen abzukühlen bzw. zu Binäreis zu machen.

Der Strahlapparat 12 fördert das Gemisch aus Dampf 8 ("Treibdampf") und Flashdampf (der sog. "Mischdampf") zum Verflüssiger 20, welcher mit Kühlwasser 21 gekühlt wird. Der verflüssigte Mischdampf wird an den Wärmetauscher 7 mittels der Pumpe 22 zurückgefördert und wieder vorgewärmt bzw. verdampft.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer mit Brennstoff und Verbrennungsluft beschickten Gasturbine, **gekennzeichnet durch:**

- Führen der Abgase der Gasturbine (1) unter Erzeugung von Dampf (8) durch einen Dampfkessel (7),
- Betreiben einer Kälteanlage (11) mit dem in dem Dampfkessel (7) erzeugten Dampf (8),
- Erzeugen eines pumpfähigen Eisbreis in der Kälteanlage (11), und
- Einsprühen des pumpfähigen Eisbreis in die der Gasturbine (1) zugeführte Verbrennungsluft (3).

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Erzeugen des Eisbreis zur Schwachlast, Speichern des Eisbreis in einem Behälter (14) und Abgeben des Eisbreis in die Verbrennungsluft (3) zur Spitzenlast.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kälteanlage (11) ein von dem Dampf (8) betriebener Strahlapparat ist.

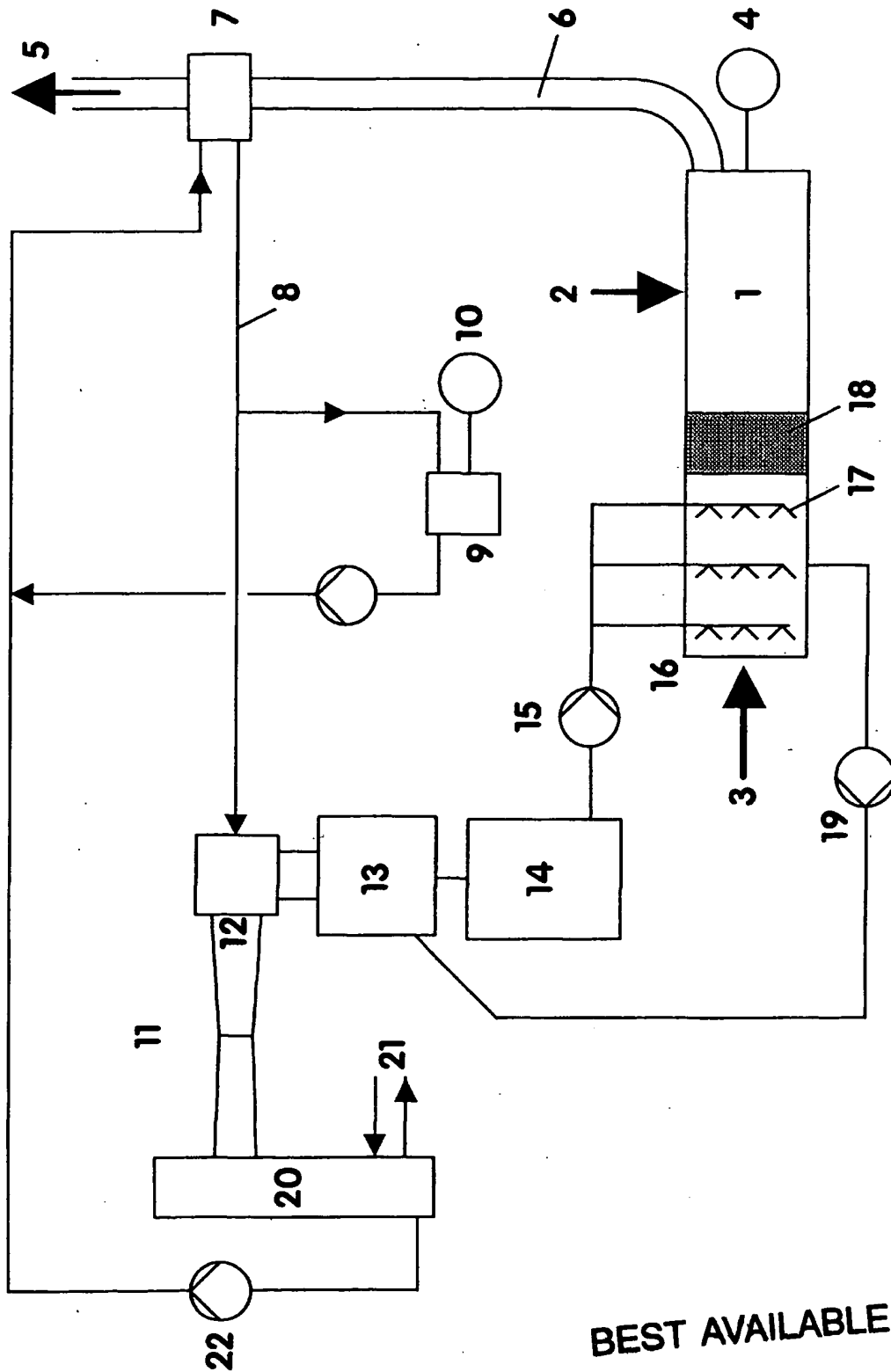
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kälteanlage (11) eine mit einer von dem Dampf (8) betriebenen Dampfturbine (9) versehene mechanische Kälteanlage ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65



BEST AVAILABLE COPY